

**ANALISIS AKUSTIK MULTILOKAL RESONAN PADA
SILINDER BERBASIS SONIK KRISTAL**

TESIS

**Disusun untuk Memenuhi Sebagian Persyaratan Mencapai Derajat Magister
Program Studi Ilmu Fisika**



Oleh:

RESTU KRISTIANI

S911408004

PASCASARJANA

UNIVERSITAS SEBELAS MARET

SURAKARTA

2017

**ANALISIS AKUSTIK MULTILOKAL RESONAN PADA
SILINDER BERBASIS SONIK KRISTAL**

TESIS

**Disusun untuk Memenuhi Sebagian Persyaratan Mencapai Derajat Magister
Program Studi Ilmu Fisika**



Oleh:

RESTU KRISTIANI

S911408004

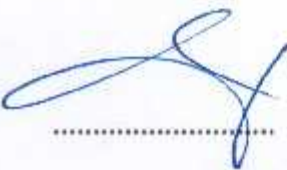
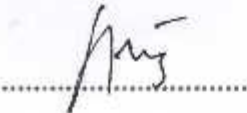
**PASCASARJANA
UNIVERSITAS SEBELAS MARET
SURAKARTA**

2017

**ANALISIS AKUSTIK MULTILOKAL RESONAN PADA SILINDER BERBASIS
SONIK KRISTAL**

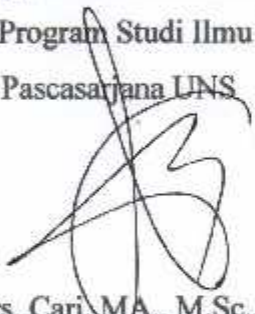
TESIS

Oleh:
Restu Kristiani
S911408004

Komisi	Nama	Tanda Tangan	Tanggal
Pembimbing			
Pembimbing I	<u>Drs. Harjana, M.Si., Ph.D.</u> NIP. 19590725 198601 1 001		30 Januari 2017
Pembimbing II	<u>Prof. Dra. Suparmi, MA., Ph.D.</u> NIP. 19520915 197603 2 003		30 Januari 2017

Telah dinyatakan memenuhi syarat
Pada tanggal 30 Januari 2017

Kepala Program Studi Ilmu Fisika
Pascasarjana UNS


Prof. Drs. Cari, MA., M.Sc., Ph.D.
NIP. 19610306 198503 1 002

**ANALISIS AKUSTIK MULTILOKAL RESONAN PADA SILINDER BERBASIS
SONIK KRISTAL**


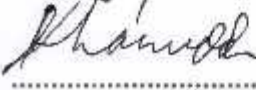
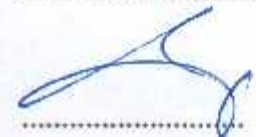
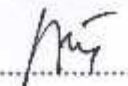
TESIS

Oleh:

Restu Kristiani

S911408004

Tim Penguji:

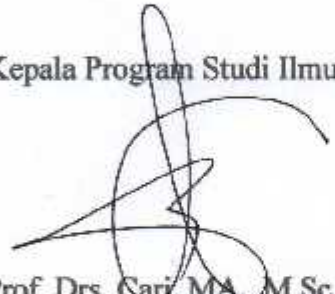
Jabatan	Nama	Tanda Tangan	Tanggal
Ketua	Prof. Drs. Cari, MA., M.Sc., Ph.D. NIP. 19610306 198503 1 002		30 Januari 2017
	Khairuddin, S. Si., M. Phil. Ph.D NIP. 19701018 199702 1 001		30 Januari 2017
Anggota Penguji	Drs. Harjana, M.Si., Ph.D. NIP. 19590725 198601 1 001		30 Januari 2017
	Prof. Dra. Suparmi, MA., Ph.D. NIP. 19520915 197603 2 003		30 Januari 2017

Telah dipertahankan di depan penguji
dan dinyatakan telah memenuhi syarat
pada tanggal 13 Februari 2017



Prof. Dr. M. Furqon Hidayatullah, M.Pd
NIP. 19600727 198601 1 001

Kepala Program Studi Ilmu Fisika



Prof. Drs. Cari, MA., M.Sc., Ph.D.
NIP. 19610306 198503 1 002

PERNYATAAN ORISINALITAS DAN PUBLIKASI ISI TESIS

Saya menyatakan dengan sebenarnya bahwa:

1. Tesis yang berjudul : **“Analisis Akustik Multilokal Resonan pada Silinder Berbasis Sonik Kristal”** ini adalah karya saya sendiri dan bebas plagiat, serta tidak terdapat karya ilmiah yang pernah diajukan oleh orang lain untuk memperoleh gelar akademik serta tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan oleh orang lain kecuali secara tertulis digunakan sebagai acuan dalam naskah ini dan disebutkan dalam sumber acuan serta daftar pustaka. Apabila di kemudian hari terbukti terdapat plagiat dalam karya ilmiah ini, maka saya bersedia menerima sanksi sesuai ketentuan peraturan perundang-undangan. (Permendiknas No. 17, tahun 2010).
2. Publikasi sebagian atau keseluruhan isi tesis pada jurnal atau forum ilmiah lain harus seijin dan menyertakan tim pembimbing sebagai *author* dan PPs-UNS sebagai institusinya. Apabila dalam waktu sekurang-kurangnya satu semester (enam bulan sejak pengesahan Tesis) saya tidak melakukan publikasi dari sebagian atau keseluruhan Tesis ini, maka Prodi Ilmu Fisika PPs-UNS berhak mempublikasikannya pada jurnal ilmiah yang diterbitkan oleh Program Studi Ilmu Fisika PPs-UNS. Apabila saya melakukan pelanggaran dari ketentuan publikasi ini, maka saya bersedia mendapatkan sanksi akademik yang berlaku.

Surakarta, 2017

Mahasiswa,



Restu Kristiani

S911408004

KATA PENGANTAR

Puji syukur alhamdulillah penulis panjatkan kehadiran Allah SWT yang senantiasa melimpahkan rahmat dan hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan tesis yang berjudul “Analisis Akustik Multilokal Resonan pada Silinder Berbasis Sonik Kristal” dengan sebaik-baiknya. Tesis ini disusun untuk memenuhi sebagian persyaratan guna memperoleh gelar Magister Program Studi Ilmu Fisika Program Pascasarjana Universitas Sebelas Maret Surakarta.

Dalam penulisan Tesis ini penulis menyadari bahwa terselesaikannya tesis ini tidak lepas dari bantuan berbagai pihak. Penulis ucapkan terima kasih kepada:

1. Prof. Dr. M. Furqon Hidayatullah, M.Pd., selaku Direktur Program Pascasarjana Universitas Sebelas Maret Surakarta.
2. Prof. Drs. Cari, M.A., M.Sc., Ph.D., selaku Ketua Program Studi Ilmu Fisika Pascasarjana UNS, yang telah memberikan petunjuk, bimbingan, dan dorongan sehingga tesis ini dapat penulis selesaikan.
3. Drs. Harjana, M.Si., Ph.D., selaku Dosen Pembimbing I yang telah sabar memberikan pengarahan, bimbingan dan masukan selama melaksanakan peneitian hingga terselesaikannya tesis ini.
4. Prof. Dra. Suparmi, M.A., Ph.D., selaku Dosen Pembimbing II, yang telah membantu memberikan arahan dan dorongan semangat dalam penyelesaian tesis ini.
5. Drs. Iwan Yahya, M.Si atas bimbingan, arahan dan memberikan bagian proyek penelitian melalui Hibah Riset Mandatory I UNS tahun 2015.
6. Bapak/Ibu Dosen Program Studi Ilmu Fisika Pascasarjana UNS Surakarta yang telah memberikan ilmu selama penulis menempuh kuliah di Program Pascasarjana.
7. iARG Team sebagai teman seperjuangan di Lab Akustik.
8. Teman seperjuangan di Ilmu Fisika yang telah memberikan bantuan dalam penyusunan tesis ini.

Semoga Allah SWT memberikan balasan yang sebaik-baiknya atas kebaikan dan bantuan yang diberikan. Semoga laporan ini dapat memberi manfaat bagi penulis khususnya dan pembaca pada umumnya.

Surakarta, Februari 2017

Penulis

MOTTO

Usaha, kerja keras, kesungguhan, kepercayaan, kesabaran, doa serta tawakal maka sesuatu yang nampak tidak mungkin akan menjadi mungkin.

“Karena sesungguhnya sesudah kesulitan itu ada kemudahan. Sesungguhnya sesudah kesulitan itu ada kemudahan. Maka apabila kamu telah selesai (dari sesuatu urusan), kerjakanlah dengan sungguh-sungguh (urusan) yang lain. Dan hanya kepada Tuhanmulah hendaknya kamu berharap.”
(Terjemahan QS. Al-Insyirah: 5-8)

Belajarlah dengan sungguh-sungguh, biar Allah yang menyempurnakan hasilmu”

“Hasbunallah Wa Ni'mal Wakiil, Ni'mal Maula Wa Ni'man Nashir (Cukuplah Allah menjadi Penolong bagi kami dan Allah adalah sebaik-baik Pelindung), La Tahzan Innallaha Ma'ana (Jangan bersedih, Sesungguhnya Allah bersama kita), Innallaha Ma'asshobirin (Sesungguhnya Allah bersama orang-orang yang sabar)”

HALAMAN PERSEMBAHAN

Dengan rahmat Allah SWT, karya kecil ini kupersembahkan kepada:

Suamiku tercinta Nur Firstiawan dengan segala kekuatan pengorbananmu yang tak henti-hentinya menyemangatiku, kesabaranmu yang tak ada batasnya, kasih sayang dan cintamu yang tiada tandingannya, serta doa yang kau panjatkan terus menerus tanpa lelah untuk istrimu ini

Calon Anakku, terimakasih dek sudah menemani mami berjuang saat usiamu diperut mami masih 5 bulan

Almarhum Bapak (Daruji) dan Ibu (Siti Nuraini) tercinta dengan seluruh pengorbanan, kesabaran, doa dan kasih sayangnya yang tiada terhitung

Kakak (Mbk Dyah, Mas Apri, Mas Adi) Thanks so much atas doa-doanya dan memberi semangat aku terus sampai detik ini.

Ponakan (dek Ifa, dek Fatiya, dek Beauty, dek aisyah) yang cantik-cantik dan lucu, senyum kalian dan canda tawa kalian jadi penghibur tante

Dosen-dosenku terima kasih telah memberi saya ilmu yang sangat berguna. Terima kasih atas bimbingannya selama ini serta kesabaran Anda untuk menuntun saya menjadi yang lebih baik.

Team iARG yang selalu memberikan semangat dukungan untukku.

Restu Kristiani. S911408004. 2016. **Analisis Akustik Multilokal Resonan pada Silinder Berbasis Sonik Kristal**. TESIS. Program Pascasarjana Ilmu Fisika, Universitas Sebelas Maret Surakarta. Pembimbing I: Drs. Harjana, M.Si., Ph.D., Pembimbing II: Prof. Dra. Suparmi, M.A., Ph.D.

ABSTRAK

Penelitian ini difokuskan pada pengujian laboratorium dari sampel sonik kristal berbentuk silinder. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui koefisien absorpsi bunyi, atenuasi bunyi, dan transmisi bunyi pada sampel sonik kristal. Rentang frekuensi yang digunakan dari 80 Hz – 1600 Hz. Pengujian sampel menggunakan metode tabung impedansi B&K 4206. Pengujian koefisien absorpsi bunyi menggunakan metode tabung impedansi dua mikrofon, sedangkan pengujian atenuasi bunyi dan transmisi bunyi menggunakan metode tabung impedansi empat mikrofon. Kajian dititik beratkan pada konfigurasi struktur dan variasi sudut θ (0° dan 90°) dan β (0° , 30° , dan 45°) pada sampel sonik kristal. Hasil pengujian menunjukkan bahwa konfigurasi empat sonik kristal memiliki kinerja serapan terbaik yakni diatas 0,5 pada frekuensi rendah, frekuensi tengah dan frekuensi tinggi dikarenakan setiap unit silinder sonik kristal berperilaku sebagai resonator Helmholtz sehubungan dengan bertambahnya mekanisme redaman viskos dengan mekanisme serapan multilokal resonansi.

Kata Kunci : Sonik kristal, koefisien absorpsi bunyi, atenuasi bunyi, transmisi bunyi, resonator Helmholtz

Restu Kristiani. S911408004. 2016. Analysis of Multilocal Resonant Acoustics on Cylinder Based Sonic Crystal. TESIS. Physics Department Graduate Program, Sebelas Maret University Surakarta. Advisors I: Drs. Harjana, M.Si., Ph.D., Advisors II: Prof. Dra. Suparmi, M.A., Ph.D.

ABSTRACT

This research focused on laboratory testing of samples of cylindrical sonic crystals. This research as a purpose to find the coefficient of sound absorption, sound attenuation and sound transmission on the sonic crystals samples. Frequency range used from 80 Hz - 1600 Hz. Samples testing use the impedance tube method B & K 4206. Testing the sound of absorption coefficient uses two-microphone impedance tube method, while testing the sound attenuation and sound transmission using four microphone impedance tube method. Study emphasized on configuration structure and variations of angles θ (0° and 90°) and β (0° , 30° , and 45°) on samples of sonic crystals. The results of testing shows that the configuration of four sonic crystals have best absorption performance is above 0,5 at low frequencies, middle frequencies and high frequencies because each unit cylindrical sonic crystal behaves as a Helmholtz resonator with respect to increasing viscous damping mechanism with multilocal resonance absorption mechanism.

Keywords : *Sonik crystal, sound absorption coefficient, sound atenuation, sound transmission, Helmholtz resonator*

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PERSETUJUAN PEMBIMBING TESIS	ii
HALAMAN PENGESAHAN PENGUJI TESIS	iii
PERNYATAAN ORISINALITAS DAN PUBLIKASI ISI TESIS	iv
KATA PENGANTAR	v
HALAMAN MOTTO	vi
HALAMAN PERSEMBAHAN	vii
HALAMAN ABSTRAK	viii
DAFTAR ISI	x
DAFTAR TABEL	xii
DAFTAR GAMBAR	xiii
DAFTAR SIMBOL	xv
BAB I PENDAHULUAN	1
A. Latar Belakang Masalah.....	1
B. Rumusan Masalah.....	3
C. Tujuan Penelitian	3
D. Batasan Masalah.....	3
E. Manfaat Penelitian	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	5
A. Bunyi.....	5
B. Koefisien Refleksi dan Koefisien Transmisi Gelombang Bunyi	7
C. Koefisien Absorpsi.....	9
D. Koefisien Hamburan (Scattering)	11
E. Sonik Kristal.....	12
F. Resonator Helmholtz.....	14
G. Atenuasi Bunyi.....	16
H. Metode Tabung Impedansi Dua Mikrofon (<i>Two Microphones Impedance Tube Method</i>).....	16
I. Metode Tabung Impedansi Empat Mikrofon (<i>Four Microphones Impedance Tube Method</i>).....	18

	Halaman
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	19
A. Tempat Penelitian	19
B. Waktu Penelitian	19
C. Tatalaksana Penelitian	19
C.1. Bahan Penelitian	19
C.2. Alat Penelitian	19
C.3. Metode Penelitian	20
C.3.1. Persiapan Alat dan Bahan	21
C.3.2. Pemodelan Sampel	21
C.3.3. Set up Alat	22
C.3.4. Display Grafik	24
C.3.5. Analisa	24
BAB IV HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN	25
A. Pendahuluan	25
B. Hasil Pengujian dan Pembahasan Koefisien Serapan Bunyi	25
B.1. Pengujian Koefisien Serapan Bunyi dengan Variasi Sudut Sumbu β dengan Jumlah Sonik Kristal dan Sudut Celah Resonator θ Tetap dengan Jarak 1 mm	26
B.2. Pengujian Koefisien Serapan Bunyi dengan Variasi Sudut Sumbu β dengan Jumlah Sonik Kristal dan Sudut Celah Resonator θ Tetap dengan Jarak 5 mm	32
B.3. Pengujian Koefisien Serapan Bunyi dengan Variasi Jumlah Sonik Kristal dengan θ dan β Tetap dengan Jarak 1 mm	35
C. Hasil Pengujian dan Pembahasan Atenuasi Bunyi dan Transmisi Bunyi	39
BAB V PENUTUP	43
A. Kesimpulan	43
B. Saran	43
DAFTAR PUSTAKA	44
LAMPIRAN	47

DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 3.1 Konfigurasi Sampel	26



DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 2.1 (a) peristiwa pantulan spekuler dan (b) peristiwa hamburan	6
Gambar 2.2 Pemantulan yang terjadi pada bidang batas cekung dan cembung.....	6
Gambar 2.3 Gelombang longitudinal dalam gas	8
Gambar 2.4 Perambatan gelombang melalui bidang batas dua medium.....	12
Gambar 2.5 Peristiwa terhamburnya gelombang	16
Gambar 2.6 Struktur Kristal Ideal	16
Gambar 2.7 Ilustrasi skema struktur kristal (a) satu dimensi, (b) dua dimensi, dan (c) tiga dimensi.....	17
Gambar 2.8 Elemen dasar pada osilasi akustik (a) massa akustik (m_a), (b) konstanta pegas (n_a), dan (c) redaman (r_a)	18
Gambar 2.9 Resonator Helmholtz	19
Gambar 2.10 Analogi listrik resonator Helmholtz	19
Gambar 2.11 Metode tabung impedansi dua mikrofon	20
Gambar 2.12 Tabung impedansi empat mikrofon	22
Gambar 3.1 Prosedur penelitian	24
Gambar 3.2 Desain sonik kristal dengan posisi sudut sumbu θ dan β	25
Gambar 3.3 Susunan konfigurasi sonik kristal	25
Gambar 3.4 Set up tabung impedansi dua mikrofon	27
Gambar 3.5 Set up tabung impedansi empat mikrofon	27
Gambar 4.1 Koefisien serapan bunyi sonik kristal tunggal (a) $\theta = 0^\circ$ dan (b) $\theta = 90^\circ$	30
Gambar 4.2 Koefisien serapan bunyi dua sonik kristal (a) $\theta = 0^\circ$ dan (b) $\theta =$ 90°	33
Gambar 4.3 Koefisien serapan bunyi empat sonik kristal (a) $\theta = 0^\circ$ dan (b) θ $= 90^\circ$	35
Gambar 4.4 Koefisien serapan bunyi dua sonik kristal (a) $\theta = 0^\circ$ dan (b) $\theta =$ 90°	37
Gambar 4.5 Koefisien serapan bunyi empat sonik kristal (a) $\theta = 0^\circ$ dan (b) θ $= 90^\circ$	38

Gambar 4.6 Koefisien serapan bunyi variasi jumlah sonik kristal dengan θ dan $\beta = 0^\circ$ tetap (a) $\theta = 0^\circ$ dan (b) $\theta = 90^\circ$	40
Gambar 4.7 Koefisien serapan bunyi variasi jumlah sonik kristal dengan θ dan $\beta = 30^\circ$ tetap (a) $\theta = 0^\circ$ dan (b) $\theta = 90^\circ$	41
Gambar 4.8 Koefisien serapan bunyi variasi jumlah sonik kristal dengan θ dan $\beta = 45^\circ$ tetap (a) $\theta = 0^\circ$ dan (b) $\theta = 90^\circ$	42
Gambar 4.9 Atenuasi bunyi variasi jumlah sonik kristal (a) $\theta = 0^\circ$ dan (b) $\theta = 90^\circ$	44
Gambar 4.10 Transmisi bunyi variasi jumlah sonik kristal (a) $\theta = 0^\circ$ dan (b) $\theta = 90^\circ$	45



DAFTAR SIMBOL

Z	= impedansi gelombang
P_r	= tekanan bunyi yang direfleksikan (N/m^2 atau Pa)
P_i	= tekanan bunyi yang datang (N/m^2 atau Pa)
P_t	= tekanan bunyi yang ditransmisikan (N/m^2 atau Pa)
p_o	= amplitudo tekanan bunyi (N/m^2 atau Pa)
R	= koefisien refleksi
j	= bilangan imajiner
t	= waktu (s)
ω	= frekuensi sudut (rad/det)
k	= bilangan gelombang = ω/c
x	= jarak dari sumber gelombang (m)
u	= kecepatan partikel medium (m/s)
T	= koefisien transmisi bunyi
I_i	= intensitas gelombang datang (dB)
I_r	= intensitas gelombang pantul (dB)
I_α	= intensitas gelombang absorpsi (dB)
I_t	= intensitas gelombang transmisi (dB)
S_c	= koefisien hamburan
E_{spek}	= energi bunyi yang terpantul secara spekuler (Joule)
E_{tot}	= energi total (Joule)
m_a	= massa akustik
n_a	= konstanta pegas
r_a	= redaman
L	= induktor
R	= resistor
C	= kapasitor
H_{12}	= fungsi pindah diantara sinyal mikrofon
z_1	= jarak sampel ke mikrofon 1 ke sampel uji
z_2	= jarak sampel ke mikrofon 2 ke sampel uji